

For 10/749,901

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-76210
(P2002-76210A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 23/34		H 0 1 L 23/34	A 5 F 0 3 6
23/467		23/46	C
23/473			Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-260904(P2000-260904)

(22) 出願日 平成12年8月30日 (2000.8.30)

(71) 出願人 000233169

株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ

東京都小平市上水本町5丁目22番1号

(72) 発明者 酒井 透

東京都小平市上水本町5丁目22番1号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ内

(74) 代理人 100085637

弁理士 梶原 辰也

Fターム(参考) 5F036 AA01 BA04 BA05 BB35 BB41

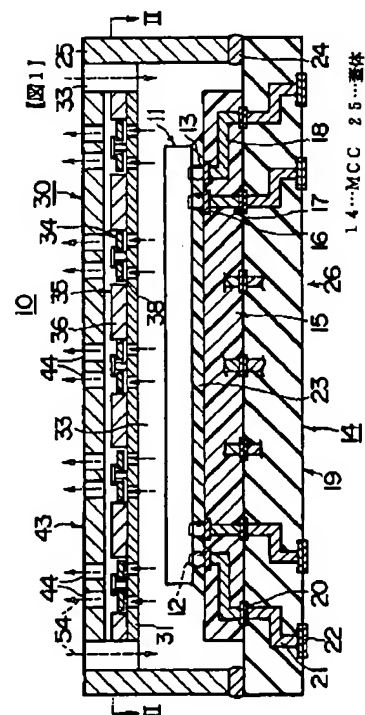
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 MCC・LSIの放熱性能を飛躍的に高める。

【解決手段】 MCC 14の蓋体25内にはシリコン基板からなる冷却基板31が嵌め込まれており、冷却基板31には千基以上のマイクロファン34がマトリックス状に配列されている。マイクロファン34は静電気モータ35のステータ36の中心に回転自在に配置されたロータ38に一体的に形成されている。冷却基板31には静電気モータ35を駆動する静電気モータ駆動回路52と、マイクロファン34の回転速度を制御する回転速度制御回路53とが作り込まれている。回転速度制御回路53は冷却基板31に多結晶シリコンが使用されてパターンニングされた電気配線自体によって構成されている。

【効果】 千基以上のマイクロファンの送風でチップを冷却できるため、MCC・LSIの冷却性能を飛躍的に高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板からなる冷却基板に複数基のマイクロファンが形成された冷却装置を備えていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記マイクロファンは静電気モータによって駆動されるように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 前記静電気モータの駆動回路は半導体によって形成された回転速度制御回路により回転速度が制御されるように構成されていることを特徴とする請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】 前記マイクロファンは空気を流すように構成されていることを特徴とする請求項1、2または3に記載の半導体装置。

【請求項5】 前記マイクロファンは冷媒を流すように構成されていることを特徴とする請求項1、2または3に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置、特に、その冷却技術に関し、例えば、マイクロ・キャリア（micro carrier for LSI chip、以下、MCCという。）を備えた大規模集積回路装置（以下、LSIという。）に利用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータの実装技術においては、実装遅延を可及的に小さくするために、パッケージによって占有される面積を減少させることが必須である。したがって、チップ・サイズと同じ程度までコンパクトにしたパッケージが求められる。このようなパッケージとして、MCCがある。すなわち、MCCは半導体素子を含む半導体集積回路が作り込まれた半導体チップ（以下、チップという。）が基板に半田バンプによるコントロール・コラプス・ボンディング（controlled collapse bonding、以下、CCBという。）によってフリップ・チップ（flip chip）接続されているとともに、チップが封止体によって気密封止されているパッケージである。

【0003】MCCにおいてはチップの発熱は封止体に熱伝導されて封止体から外部に放熱されるが、封止体のサイズはきわめて小さいため、チップの発熱量に比べて放熱面積がきわめて小さい。そこで、MCCにおいては封止体の上面に放熱フィンを取り付けて封止体からの放熱効率を高める構造が採用されている。

【0004】また、MCCを備えたLSI（以下、MCC・LSIという。）が実装されるコンピュータにおいては冷却性能を高めるために、MCC・LSI等が格納された筐体内部を空冷式冷却装置または水冷式冷却装置によって強制冷却することが実施されている。

【0005】なお、MCCを述べてある例としては、株式会社日経BP社1993年5月31日発行「実践講座VLSIパッケージング技術（下）」P178、がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、封止体の上面に放熱フィンを取り付けただけのMCCにおいては、半導体集積回路の高集積化やチップの大型化等に伴って、パッケージの放熱性能が不十分になって来ている。

【0007】そして、筐体内部を空冷式冷却装置によって強制冷却する従来のコンピュータの冷却技術においては、冷却効率に限界があるという問題点がある。また、筐体内部を水冷式冷却装置によって強制冷却する従来のコンピュータの冷却技術においては、コンピュータの全体が巨大化するという問題点がある。

【0008】本発明の目的は、放熱性能を飛躍的に高めることができる半導体装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を説明すれば、次の通りである。

【0010】すなわち、半導体装置は半導体基板からなる冷却基板に複数基のマイクロファンが形成された冷却装置を備えていることを特徴とする。

【0011】前記した手段によれば、半導体基板からなる冷却基板に形成された複数基のマイクロファンが回転することにより、熱交換効率を高めることができるため、半導体装置の冷却性能を飛躍的に高めることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施の形態であるMCC・LSIを示す一部省略正面断面図である。図2は図1のII-II線に沿う平面断面図である。図3は静電気モータを示しており、(a)は平面図、(b)は(a)のb-b線に沿う断面図である。図4は静電気モータの製造方法の一実施の形態を示す各正面断面図である。図5(a)は静電気モータ駆動制御回路を示す回路図、(b)はその回転速度制御回路の特性を説明するためのグラフである。

【0013】本実施の形態において、図1に示されているように、本発明に係る半導体装置はMCC・LSIとして構成されており、このMCC・LSI10はパーソナルコンピュータ（以下、コンピュータという。）に使用するのに好適なようにチップを効率的に強制冷却するための冷却装置を備えている。

【0014】チップ11はシリコンウエハが用いられて正方形の薄板形状の小片に形成されており、図示しないが、そのアクティブエリアには高集積度の半導体装置を含む集積回路（以下、集積回路という。）が作り込まれ

ている。集積回路が作り込まれたアクティブエリアはチップ11の一主面側に位置されており、そのアクティブエリア側の主面の周辺部には集積回路を外部に電氣的に引き出すための電極パッド12が複数個、周方向に間隔を置かれて配設されている。パッケージング前の各電極パッド12には接続端子13を形成するための半田バンプがそれぞれ突設されている。集積回路はMPUとメモリーとを混載したシステムLSI等の高集積で発熱量が大きい構成になっている。

【0015】MCC14はポリイミド樹脂等によってチップ11よりも大きい長方形の平板形状に形成されたベース15を備えており、ベース15の一主面（以下、上面とする。）には多数個のCCB用パッド16がチップ11に突設された各半田バンプにそれぞれ対応するように配列されて形成されている。ベース15の下面にはCCB用パッド16と対応する数の内側中継パッド17がベース15の全体にわたって均一なマトリクス状に配列されており、各内側中継パッド17は各CCB用パッド16に互いに電氣的に独立するように各電気配線18を介して接続されている。

【0016】ベース15の下面は封止体26の本体（以下、本体という。）19の上面に接着されており、本体19はムライト・セラミック等の絶縁材料によってベース15よりも大きい長方形の平板形状に形成されている。ベース15の内側中継パッド17は本体19の上面に形成された外側中継パッド20に電氣的に接続されている。本体19の下面には複数個の外部端子22が周辺部に環状に配列されており、各外部端子22は各外側中継パッド20に互いに電氣的に独立するように各電気配線21を介して接続されている。各外部端子22はコンピュータのマザーボードに半田バンプ等によって形成される接続端子により電氣的に接続されるようになっている。

【0017】そして、ベース15にはチップ11がCCBによって機械的かつ電氣的に接続される。すなわち、チップ11の各電極パッド12に形成された半田バンプがベース15の各CCB用パッド16にそれぞれ整合されたフェイスダウン状態にて、不活性ガス（例えば、窒素ガス）雰囲気中の加熱炉等による適当なリフロー処理が実施されることによって、各半田バンプによる各接続端子13が図1に示されているようにそれぞれ同時に形成される。このCCBにより、チップ11はベース15に接続端子13群によって機械的に接続された状態になるとともに、その集積回路がMCC14の本体19の各外部端子22に、電極パッド12、接続端子13、CCB用パッド16、電気配線18、内側中継パッド17、外側中継パッド20および電気配線21を介して電氣的に接続された状態になる。

【0018】このように接続端子13群によって機械的かつ電氣的に接続されたチップ11とベース15との対

向面間には、薄い空間が各接続端子13の高さによって形成される。この薄い空間には接続端子13群を補強するための補強用樹脂層23がボッティング法によって形成される。すなわち、補強用樹脂層23はエポキシ樹脂を主成分とする液状の封止樹脂材料がベース15上のチップ11の薄い空間に全体的に均一になるように充填された後に硬化されることにより成形される。この補強用樹脂層23は接続端子13群を完全に包囲した状態になっているため、接続端子13群およびチップ11のアクティブエリアを樹脂封止した状態になっている。

【0019】MCC14の封止体26は蓋体25を備えており、蓋体25は窒化アルミニウム（AlN）等の熱伝導性が良好な絶縁材料によって外径が本体19の外径と等しい略長方形の枠形状に形成されている。蓋体25は本体19の上面に被せられて半田等によって形成された接着材部24により固着されている。蓋体25の枠内の上端部には冷却装置30が設置されており、冷却装置30は外気をMCC14の封止体26の内部に強制的に流通させることによりチップ11を冷却するように構成されている。

【0020】冷却装置30は半導体基板であるシリコン基板からなる冷却基板31を備えており、図1および図2に示されているように、冷却基板31は蓋体25の枠内径よりも小径の長方形の平板形状に形成されている。冷却基板31は蓋体25の枠内の上端部に同心に配されて四隅の位置決めブロック32によって固定されており、冷却基板31の外周面と蓋体25の内周面との間および冷却基板31の下面とチップ11の上面との間には吸気路33が形成されている。

【0021】冷却基板31には外気をMCC14の封止体26の内部に強制的に流通させるためのマイクロファン34が複数基、マトリクス状に配列されており、図3に示されているように、マイクロファン34は静電気モータ35のステータ（固定子）36の中心に回転自在に配置されたロータ（回転子）38に一体的に形成されている。マイクロファン34は外形が1mm以下に形成されており、冷却基板31には千基以上が配列されている。

【0022】図3に示されている静電気モータ35は図4に示されている静電気モータの製造方法によって冷却基板31に一体的に作り込まれる。ここで、図4に示されている静電気モータの製造方法を説明する。

【0023】図4（a）に示されているように、シリコン基板からなる冷却基板31の上には金属膜からなるステータ36が、一般的な半導体装置の製造方法における微細加工工程である成膜工程やリソグラフィ工程およびエッチング工程（以下、各工程について同じ。）が使用されて形成される。続いて、図4（b）に示されているように、冷却基板31の上には酸化膜37がステータ36の上を含め成膜工程が使用されて被着される。

【0024】図4(c)に示されているように、冷却基板31の酸化膜37の上には静電気モータ35のロータ38が、成膜工程やリソグラフィ工程およびエッチング工程が使用されて誘電体によって形成される。このロータ38の形状は図3に示されたマイクロファン34を実質的に構成するように設計されている。続いて、図4(d)に示されているように、冷却基板31の上には酸化膜39がロータ38の上を含め成膜工程によって被着される。

【0025】図4(e)に示されているように、酸化膜39におけるロータ38の中心には軸孔40がリソグラフィ工程およびエッチング工程が使用されて開設される。続いて、図4(f)に示されているように、軸孔40には回転軸41が成膜工程やリソグラフィ工程およびエッチング工程が使用されてシリコンによって形成される。

【0026】図4(g)に示されているように、冷却基板31のロータ38に対向する部位には図3に示された吸気口42がリソグラフィ工程およびエッチング工程が使用されて開設される。続いて、図4(h)に示されているように、酸化膜37および39がエッチング工程が使用されて除去される。以上の工程により、図3に示されているマイクロファン34が一体化された静電気モータ35が冷却基板31に一体的に成形されたことになる。

【0027】図1に示されているように、蓋体25の枠内の冷却基板31の上側には冷却基板31と略等しい長方形の平板形状に形成されたフィルタ43が、冷却基板31と平行に配置されて固定されている。フィルタ43の各ロータ38に対向する位置には排気口44が開設されており、排気口44はロータ38が実質的に構成するマイクロファン34から吐出された排気をMCC14の外部に排出させるようになっている。フィルタ43は冷却基板31に形成されたマイクロファン34や静電気モータ35等を保護する役目も果たすようになっている。

【0028】静電気モータの製造方法の実施に際して、冷却基板31には図5に示されている静電気モータ駆動制御回路51が同時に作り込まれる。図5に示されているように、静電気モータ駆動制御回路51は各静電気モータ35に対応してそれぞれ形成されており、電源50に対して互いに並列に接続されている。静電気モータ駆動制御回路51の静電気モータ駆動回路52はステータ36が形成する静電界を回転軸41周りにおいて回転(公転)させるように構成されており、各静電気モータ駆動回路52にはステータ36の静電界が公転する速度を制御することによってマイクロファン34の回転速度を制御する回転速度制御回路53が直列に接続されている。回転速度制御回路53は冷却基板31に多結晶シリコンが使用されてパターンニングされた電気配線自体によって構成されており、静電気モータ駆動回路52の電圧

の増減を制御することによってマイクロファン34の回転速度を自動的に制御するようになっている。

【0029】すなわち、図5(b)に示されているように、半導体であるシリコンの温度と抵抗とは反比例の関係にあることにより、冷却基板31の上に形成された多結晶シリコンの電気配線からなる回転速度制御回路53の温度が高くなると、回転速度制御回路53の抵抗は小さくなるため、回転速度制御回路53は静電気モータ駆動回路52の電圧を自動的に高めることになる。つまり、冷却基板31の温度が高くなると、静電気モータ駆動回路52はマイクロファン34の回転速度を自動的に高めることになるため、マイクロファン34は冷却能力をチップ11の発熱温度に対応して自動的に高めることになる。

【0030】なお、静電気モータ駆動制御回路51の電源50は冷却装置30に専用的に設置してもよいし、MCC・LSI10の主体であるチップ11の駆動のための電源を共用するように構成してもよい。

【0031】次に、前記構成に係るMCC・LSIの使用方法および作用を説明する。

【0032】MCC・LSI10はコンピュータのマザーボードに他の電子部品や電子装置と共に実装される。MCC・LSI10が実装されたマザーボードはコンピュータの筐体に収容されて固定される。一般に、コンピュータの筐体は厚さの薄い箱形状に形成されており、適当な箇所には筐体内部に気流を発生させるための送風機が設備されている。

【0033】マザーボードに実装されたMCC・LSI10が筐体の内部で稼働されると、冷却装置30の静電気モータ駆動制御回路51に電源50から電圧が印加されることにより、マイクロファン34が静電気モータ35によって回転されるため、図1に示されているように、空気54がMCC14の封止体26の内部を強制的に流通される。すなわち、封止体26の外部の空気54がマイクロファン34の吸込力によって吸気口42および吸気路33を通じて封止体26の内部に吸気され、吸気された空気54がマイクロファン34の吐出力によって排気口44から封止体26の外部に排出される。

【0034】この際、静電気モータ35の回転速度は高速度(6000~12000rpm)であり、千基以上のマイクロファン34が冷却基板31の全面にマトリクス状に配列されていることにより、冷却装置30全体としての送風力はきわめて大きくなるため、冷却装置30の冷却性能はきわめて大きくなる。例えば、マイクロファン34が一回転した時の送風量が $3.20 \times 10^{-2} \text{ mm}^3$ 、静電気モータ35の回転速度が6000rpm、マイクロファン34の設置数が4356基である場合には、送風量は約 $139 \text{ mm}^3 / \text{sec}$ となる。

【0035】以上のようにしてマイクロファン34によって封止体26の内部に送風される空気54はチップ1

1の表面に直接接触してチップ11の発熱を吸収するとともに、封止体26の外部に排出する。このチップ11の発熱を吸収し外部に排出する空気54はマイクロファン34によって送風される常に新鮮な空気であるため、前記した大きな送風量とあいまってチップ11をきわめて効率よく冷却することになる。

【0036】ところで、マイクロファン34の送風量がチップ11の発熱温度の高さに無関係に一定であると、チップ11の発熱温度が低い場合には不必要な冷却を実施していることになるため、省エネルギーに反する。

【0037】しかし、本実施の形態においては、静電気モータ駆動制御回路51の次の作用により、マイクロファン34の回転速度がチップ11の温度変化に対応して自動的に制御されるため、チップ11の発熱温度の低い場合の不必要な冷却を実行を回避することにより、省エネルギーを確保することができる。

【0038】すなわち、チップ11の発熱温度が低いと、冷却基板31の温度も低くなるため、静電気モータ駆動制御回路51の回転速度制御回路53を構成する多結晶シリコンの電気配線の温度も低くなる。図5(b)に示されているように、半導体であるシリコンの温度と抵抗とは反比例の関係にあることにより、冷却基板31の上に形成された多結晶シリコンの電気配線からなる回転速度制御回路53の温度が低いと、回転速度制御回路53の抵抗は大きくなるため、回転速度制御回路53は静電気モータ駆動回路52の電圧を自動的に低めることになる。つまり、チップ11の発熱温度が低い間は、静電気モータ駆動回路52はマイクロファン34の回転速度を自動的に遅くすることになるため、マイクロファン34は冷却能力を自動的に低めることになる。

【0039】そして、チップ11の発熱温度が高くなると、回転速度制御回路53の抵抗は小さくなるため、回転速度制御回路53は静電気モータ駆動回路52の電圧を自動的に高めることになる。つまり、チップ11の発熱温度が高くなると、静電気モータ駆動回路52はマイクロファン34の回転速度を自動的に高めることになるため、マイクロファン34は冷却能力を自動的に高めることになる。

【0040】前記実施の形態によれば、次の効果が得られる。

【0041】1) MCC・LSI10に冷却基板31に複数基のマイクロファン34が配列された冷却装置30を設置することにより、外部の空気54をMCC14の内部にマイクロファン34によって強制的に流通させることができるため、MCC・LSI10のチップ11をきわめて効率よく冷却することができる。

【0042】2) 冷却基板31に千基以上のマイクロファン34を配列し、これらマイクロファン34を静電気モータ35によって回転駆動するように構成することにより、冷却装置30全体としての送風能力をきわめて大

きく構成することができるため、冷却装置30の冷却性能を飛躍的に高めることができる。

【0043】3) 静電気モータ駆動回路52の回転速度を制御する回転速度制御回路53を多結晶シリコンの電気配線によって構成することにより、マイクロファン34の回転速度をチップ11の発熱温度に対応させることができるため、チップ11の発熱温度の低い場合の不必要な冷却の実行を回避することができ、省エネルギーを確保することができる。

10 【0044】4) 冷却基板31をMCC14の蓋体25に嵌め込むことにより、冷却装置30をMCC14の外部に突出させずに済むため、MCC14の高さを低く設定することができる。

【0045】5) MCC14の封止体26に放熱フィンを突設せずに充分な冷却性能を得ることにより、前記4)とあいまってMCC14の全体高さを低く設定することができるため、コンピュータの筐体内での占拠スペースを抑制することができ、その結果、コンピュータの筐体を薄く設定することができる。

20 【0046】6) 冷却基板31をシリコン基板によって形成し、マイクロファン34および静電気モータ35を半導体装置の製造方法の微細加工工程を利用して形成することにより、冷却装置30を既存の製造技術によって一体的に製造することができるため、製造コストを低減することができる。

【0047】図6は本発明の他の実施の形態であるMCC・LSIを示す一部切断正面図である。

30 【0048】本実施の形態が前記実施の形態と異なる点は、冷却装置30Aが複数枚の冷却基板31を備えており、これら冷却基板31がMCC14の蓋体25Aの上面に垂直に固定されている点である。すなわち、チップ11の上面に半田層27によって接着された蓋体25Aの上面に複数枚の冷却基板31が互いに平行に立脚して整列された状態で固定されている。

40 【0049】本実施の形態において、チップ11の発熱は蓋体25Aに熱伝導され、冷却装置30Aの複数枚の冷却基板31によって効率的に放熱される。この際、冷却装置30Aの冷却基板31はマイクロファン34群によってきわめて効率的に冷却されることにより、蓋体25Aすなわちチップ11の発熱をきわめて効率よく汲み上げることができるため、チップ11を効果的に冷却することができる。

【0050】以上本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変更が可能であることはいうまでもない。

50 【0051】例えば、冷却基板に複数基のマイクロファンが配列された冷却装置は空気を流通させるように構成するに限らず、窒素ガスやその他の気体または水やその

他の液体等の冷媒を流通させたり循環させたりするように構成してもよい。

【0052】冷却基板はシリコンによって形成するに限らず、他の半導体によって形成してもよい。

【0053】以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるMCC・LSIに適用した場合について説明したが、それに限定されるものではなく、その他のパッケージを備えたLSI等の半導体装置全般に適用することができる。特に、本発明は、高い放熱性能が要求される半導体装置に 10 利用して優れた効果が得られる。

【0054】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、次の通りである。

【0055】冷却基板に複数基のマイクロファンが配列された冷却装置を半導体装置に設置することにより、マイクロファンによって強制的に熱交換させることができるため、半導体装置の冷却性能を飛躍的に高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態であるMCC・LSIを示す一部省略正面断面図である。

【図2】図1のII-II線に沿う平面断面図である。

【図3】静電気モータを示しており、(a)は平面図、

(b)は(a)のb-b線に沿う断面図である。

【図4】静電気モータの製造方法の一実施の形態を示す各正面断面図である。

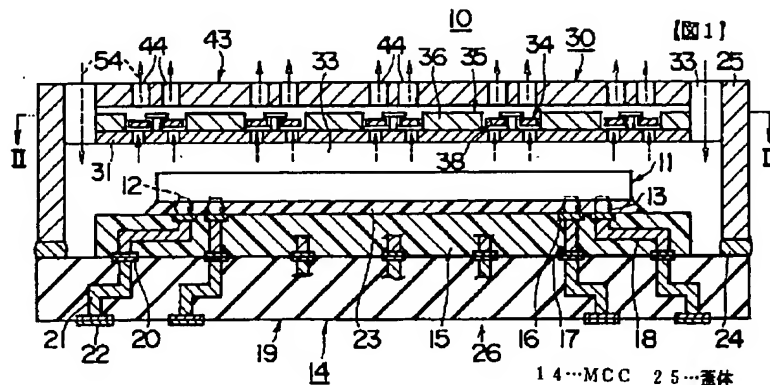
【図5】(a)は静電気モータ駆動制御回路を示す回路図、(b)は回転速度制御回路の特性を説明するためのグラフである。

【図6】本発明の他の実施形態であるMCC・LSIを示す一部切断正面図である。

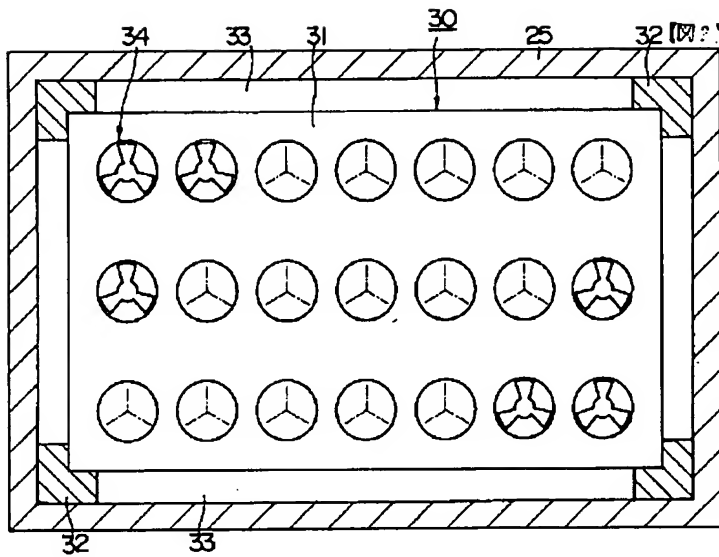
【符号の説明】

10…MCC・LSI(半導体装置)、11…チップ(半導体チップ)、12…電極パッド、13…接続端子、14…MCC、15…ベース、16…CCB用パッド(パッド)、17…内側中継パッド、18…電気配線、19…本体(封止体の本体)、20…外側中継パッド、21…電気配線、22…外部端子、23…補強用樹脂層、24…接着材部、25、25A…蓋体(封止体の蓋体)、26…封止体、27…半田層、30、30A…冷却装置、31…冷却基板、32…位置決めブロック、33…吸気路、34…マイクロファン、35…静電気モータ、36…ステータ(固定子)、37…酸化膜、38 20 …ロータ(回転子)、39…酸化膜、40…軸孔、41…回転軸、42…吸気口、43…フィルタ、44…排気口、50…電源、51…静電気モータ駆動制御回路、52…静電気モータ駆動回路、53…回転速度制御回路、54…空気。

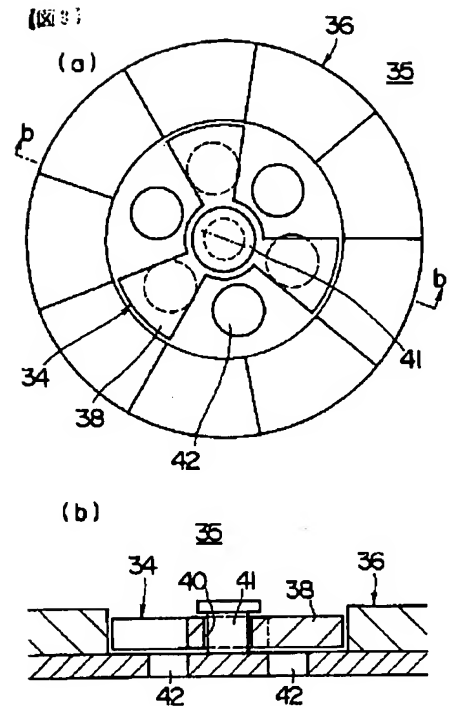
【図1】



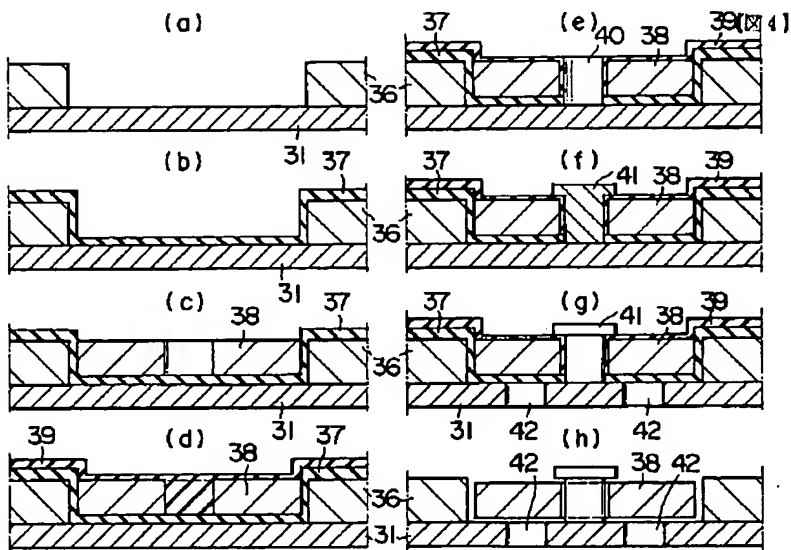
【図2】



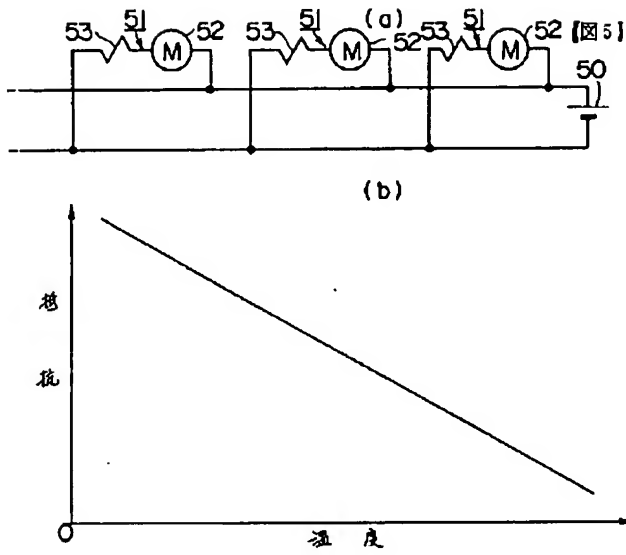
【図3】



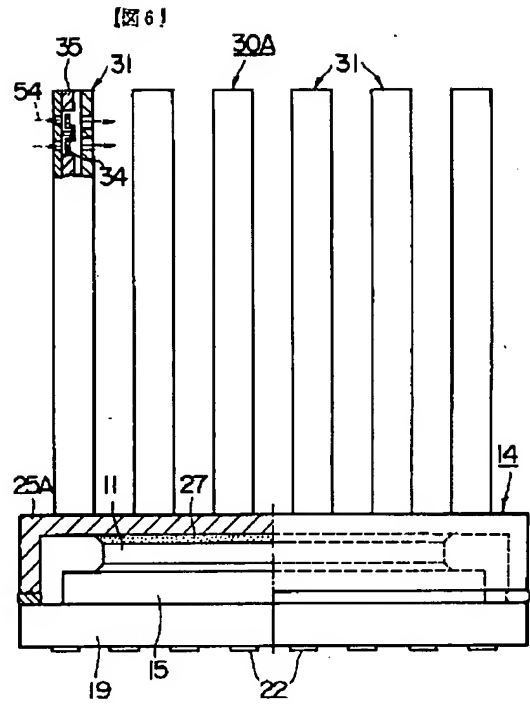
【図4】



【図5】



【図6】



PAT-NO: JP02002076210A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002076210 A
TITLE: SEMICONDUCTOR DEVICE
PUBN-DATE: March 15, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SAKAI, TORU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI ULSI SYSTEMS CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000260904

APPL-DATE: August 30, 2000

INT-CL (IPC): H01L023/34, H01L023/467 , H01L023/473

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To drastically increase the heat radiating performance of MCCs and LSIs.

SOLUTION: A **cooling substrate** 31 composed by a silicon substrate is fitted into a lid body 25 of an MCC 14, and 1,000 microfans 34 or more are aligned in a matrix form on the **cooling substrate** 31. The microfans 34 are integrated in a rotor 38, arranged rotatably at the center of a stator 36 of an electrostatic motor 35. The **cooling substrate** 31 has an electrostatic motor-drive circuit 52 for driving the electrostatic motor 35, and a rotational speed control circuit 53 for controlling the rotational speed of the microfans 34. The rotational speed control circuit 53 is composed by electric wiring itself, where **polycrystalline silicon** is used in the **cooling substrate** 31 for

patterning,
thus cooling a chip by the blast of at least 1,000 microfans, and
hence
markedly enhancing the cooling performance of the MCCs and LSIs.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO